

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
GRAFIČKI FAKULTET

# ZAVRŠNI RAD

Dino Čosić



Sveučilište u Zagrebu  
Grafički fakultet

Smjer: tehničko-tehnološki

# ZAVRŠNI RAD

Utjecaj sastava tekstilnog materijala na četverobojno  
otiskivanje u sitotisku

Mentor:  
doc. dr. sc. Igor Majnarić

Student:  
Dino Ćosić

Zagreb, 2014.

## ZAHVALE

Zahvaljujem se Poštovanom doc. dr. sc. Igoru Majnariću što je prihvatio moju temu i pružio mi svu pomoć oko pisanja završnog rada.

## SAŽETAK

Za tisak tekstilnih materijala upotrebljavaju se dvije tehnike tiska: Sitotisak i Ink jet tisak. Pri otiskivanju u sitotisku, potrebno je napraviti fiksnu tiskovnu formu, dok se kod ink jet-a tekuće bojilo direktno nanaša na tekstilnu podlogu. Kvaliteta reprodukcije na tekstilne materijale izrazito ovisi o sirovinskom sastavu tkanina (upojnost tkanine, dimenzionalna stabilnost), tkanju (dužina, čvrstoća, finoća i savitljivost vlakna), te površinskoj obradi. U ovom radu istražit će se kako različiti sastavi tekstilnih materijala (100% pamuk, 100% poliester i 50% pamuk 50% elastin) utječu na kolornu reprodukciju. Najveća kvaliteta kolorne reprodukcije postignuta je na tkanini koja sadrži 50% elastina dok će se najmanja kvaliteta ostvariti na tkanini koja sadrži samo poliester (100%). Pritom će se ostvariti i njihova velika razlika u obojenju koja za procesne boje iznosi:  $\Delta E_{C100\%}=14,74$ ;  $\Delta E_{M100\%}=4,54$ ;  $\Delta E_{Y100\%}=0,98$ .

## KLJUČNE RIJEČI

Sitotisak, kolorna reprodukcija, pamučna tkanina, tkanina sa elastinom, sintetička tkanina.

## SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
2. TEORIJSKI DIO.....	1
2.1 Povjest i razvoj sitotiska.....	1
2.2. Osnovni princip otiskivanja.....	2
2.2.1. Okviri za sitotisk.....	4
2.2.2. a. Materijali za izradu okvira.....	5
2.2.3. b. Profili okvira.....	6
2.2.4. c. Napinjanje okvira.....	6
2.2.2. Sitotiskarske mrežice.....	9
2.2.3. Šablona .....	11
2.2.4. Tiskovne podloge u sitotisku.....	13
2.2.5. Sitotiskarsko bojilo.....	13
2.3. Sitotiskarski strojevi.....	15
2.3.1. Ručni strojevi.....	15
2.3.2. Poluautomatski sitotiskarski strojevi.....	16
2.3.3. Automatski sitotiskarski strojevi.....	18
2.3.3. a. Tipovi automatskih strojeva u sitotisku.....	19
3. EKSPERIMENTALNI DIO.....	21
4. DISKUSIJA REZULTATA.....	24
5. ZAKLJUČAK.....	29
6. LITERATURA.....	30
7. PRILOG.....	31

## **1. UVOD**

Sitotisak je jedna od najsvestranijih tehnika tiska. Njezina primjena je široka od umjetničkih reprodukcija do velikih tvorničkih naklada. Također i od otiska malih dimenzija do onih velikih formata 3m x 6m. Otiskivati možemo na papir, tekstil, keramiku, plastiku i dr. Otisak može biti iz kotura, duge role ili na pojedinačne listove - arke. Također na objekte različitih materijala, sastava i oblika, kao staklo, šalice, reklamni paneli, majice, upaljači ... Tehnika sitotiska se najčešće se koristi kod tiska na tekstine materijale. Ima mogućnost nanošenja većeg sloja debljine bojila. Otisak je reljefan ima veliku pokrivnost, te duži vijek trajanja. U usporedbi s drugim tehnikama tiska, kvaliteta sitotiska nije velika, zbog nepravilnog oblika reproduciranih rasterskih točkica. Cilj ispitivanja je analizirati otiske na tri različite tekstilne podloge i prikazati najintenzivniju i najmanju ostvarenu kolornu vrijednost.

## **2. TEORIJSKI DIO**

### **2.1. Povjest i razvoj sitotiska**

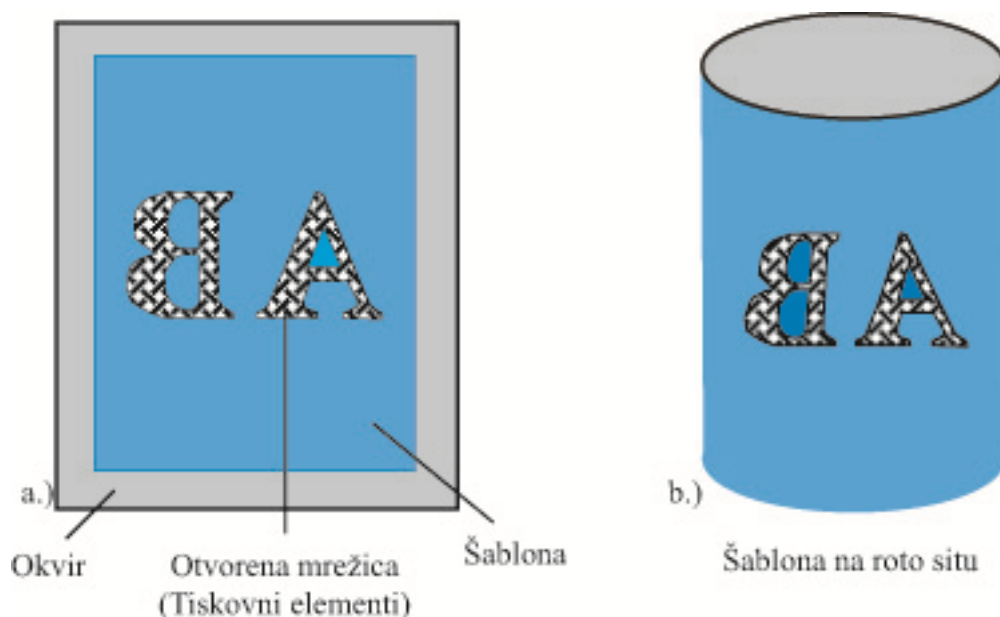
U različitim vremenskim periodima razdoblja čovječanstva, primjenjivale su se različite tehnike otiskivanja. U Kini već u 3. st. riječ je o visokom tisku koji koristi drvena slova. Izrađena su od drveta kruške ili trešnje. Od tehnika propusnog tiska, prvo se koristio šablonski tisak, dok je sitotisak prilično nova tehnika tiska. Pojavila se kao prijava za patent 1907.g. Samuel Simons je primjenio svilenu gazu koja se koristila za prosijanje brašna, kao materijal za šablonu. Ubrzo nakon toga se počela primjenjivati tkanina, te je nastala običnim tkanjem. To je omogućilo preciznije tiskanje i poboljšano nanašanje boje. Svilena gaza koju je preporučio Samuel Simons tkana je od odabranog svilenog prediva s jednom niti. Da bi se spriječio da niti kliznu i blokiraju tkaninu, osmišljena je posebna tehnika tkanja zvana „keper“. Kasnija pojava sintetičkih vlakana je pridonijela poboljšanju kvalitete sitotiska, povećanju i rasponu potencijalnih primjena. Tako je i Serigrafija, koju su prvobitno koristili umjetnici, postala industrijska tiskarska tehnika.

Prve sitotiskarske tkanine koje su posebno razvijene za sitotisak bile su izrađene od svilenog prediva s više niti. Time je omogućeno povećanje na 90 niti/cm. S druge strane, sintetičke tkanine su bile slične svilenim tkaninama, ali su se znatno lakše napinjale. Osim toga bila su neosjetljiva na vodu i otporna na djelovanje kemikalija. Te karakteristike su donijele revoluciju jer su tehnologiji sitotiska omogućile da se koristi svim zamislivim sustavima boje

i materijalima. Uspjeh tekstilne industrije u proizvodnji tkanina s jednom niti omogućio je daljni razvoj sitotiska. Tkanine s jednom niti mogu se proizvoditi sa znatno tanjim i konzistentnijim promjerima nego tkanine s više niti. Tako su se mogle proizvesti mrežice i do 200 niti/cm bez gubitka otvora mrežice u usporedbi s tkanjima s više niti. To je otvorilo nova tržišta za sitotisak, što je rezultiralo s tiskom na elektronicu, keramici, pakiranju, etiketama raznim i sl. Unatoč zadovoljavajućem rastu djelatnosti sitotiska, istraživanje i razvoj i dalje se nastavlja. Testiraju se novi materijali, zajedno s različitom obradom tkanina i novim tehnikama tkanja. Time je sitotiskarska djelatnost držala korak sa sve većim zahtjevima i očekivanjima.[12]

## 2.2. Osnovni princip otiskivanja

Od četiriju glavnih tehnika tiska, sitotisak spada u propusni tisak. Kod svih tehnika boja se nanosi na tiskovnu formu i pritiskom se prenosi na prijenosni medij ili tiskovnu podlogu. No sitotisak je specifičan po tome što jedino kod ove tehnike tiska boja prolazi kroz tiskovnu formu. Tiskovna forma je alat (naprava) koji ima ulogu selektivnog prihvatanja tiskarskog bojila. Svaka tiskovna forma sadrži dvije vrste površina: tiskovne elemente (prenose tiskarsko bojilo) i slobodne površine (uloga je odvajanje tiskovnih elemenata i stvaranje bjelina na otisku). Za različite oblike tiskovnih podloga i tiskovna forma može biti ravna ili zaobljena. Sitotisak je tehnika tiska u kojoj tiskovnu formu predstavlja sito odnosno mrežica napeta na okvir.

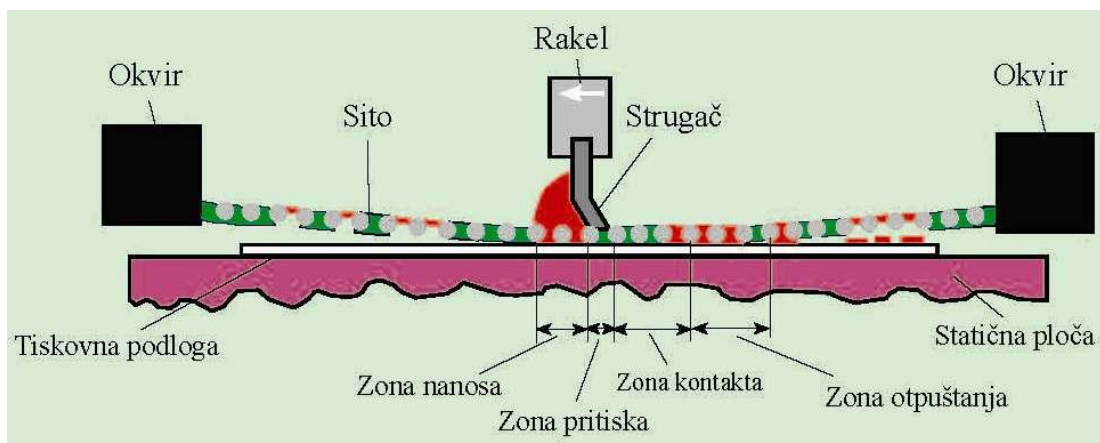


Slika 1: Oblici tiskovne forme a.) Ravna tiskovna forma b.) Cilindrična tiskovna forma

Izvor: [http://tisak.grf.unizg.hr/media/download\\_gallery/MTT%20Predavanje%207a.pdf](http://tisak.grf.unizg.hr/media/download_gallery/MTT%20Predavanje%207a.pdf)

### *Princip otiskivanja u sitotisku*

Tijekom otiskivanja, rakel protiskuje bojilo po cijeloj tiskovnoj formi. Bojilo se nalazi ispred rakel. Pritom se formiraju tri zone koje se javljaju prilikom otiskivanja. Zona pritiska gdje rakel protiskuje bojilo kroz sito. Zona nanosa u kojoj bojilo prolazi kroz tiskovne površine. Iza rakel su zone kontakta sitotiskarske mrežice i tiskovne podloge, te u zoni otpuštanja sitotiskarska mrežica se postepeno odvaja od tiskovne podloge ostavljajući bojilo, otisak. Prilikom procesa otiskivanja okvir sa sitom i ploča sa tiskovnom podlogom su statične.



Slika 2: Princip nastajanja otiska u sitotisku

Izvor: [http://tisak.grf.unizg.hr/media/download\\_gallery/MTT%20Predavanje%209a.pdf](http://tisak.grf.unizg.hr/media/download_gallery/MTT%20Predavanje%209a.pdf)

### **Rakel**

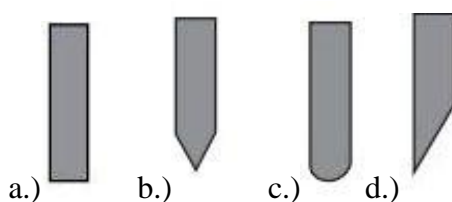
Rakel ili protiskivač je alat pomoću kojeg se vrši otiskivanje, odnosno pomoću njega se protiskuje tiskarsko bojilo kroz šablonu. Izrađeni su od prirodne ili sintetičke gume ili od poliuretana. Oni od prirodne ili sintetičke gume se brže troše, no oni su manje skloni prikupljanju statičkog elektriciteta. Rakeli od poliuretana imaju bolju otpornost na abraziju, ali lakše na sebe prikupljaju elektrostatski naboj. Rakele odmah nakon tiskanja treba očistiti, jer preduga izloženost raznim otapalima može dovesti da nabubre čime oštrica postane valovita i neupotrebljiva. Rubovi moraju biti oštri i ravni bez rupica i nabora. Rakel se izrađuje u različitim bojama ovisno o njegovoj tvrdoći, te se za postizanje kvalitetnog otiskivanja izgled i oblik njegovog vrha mora prilagoditi tiskovnoj podlozi. Najčešći oblici rakel prikazani su na slici 3.[1]





Slika 3: Oblici rakela

Izvor: [http://tisak.grf.unizg.hr/media/download\\_gallery/MTT%20Predavanje%209a.pdf](http://tisak.grf.unizg.hr/media/download_gallery/MTT%20Predavanje%209a.pdf)



Slika 4: Oblici oštrice rakela a.) Kvadratičan b.) Dvostruko brušen c.) Zaobljen d.) Jednostruko brušen

Izvor: [http://tisak.grf.unizg.hr/media/download\\_gallery/MTT%20Predavanje%209a.pdf](http://tisak.grf.unizg.hr/media/download_gallery/MTT%20Predavanje%209a.pdf)

## Registar u tisku

Pod pojmom precizan registar smatra se točno podudaranje kolornih separacija na otisnutom materijalu. Osim toga tijekom tiska prati se točno podudaranje otisaka na početku i na kraju tiskanja naklade, te konstantna udaljenost i kut između otisnutog otiska i ruba margina. Precizan registar se primarno može postići pomoću stabilnosti okvira, ispravnim napinjanjem sitotiskarske mrežice i metodom izrade šablone. Nadalje na njega može utjecati i pritisak rakela, tvrdoća rakela, viskoznost tiskarskog bojila, visina odvajanja mrežice od tiskovne podloge tijekom otiskivanja, tip tiskovne podloge, kvaliteta tiskarskog stroja i brzina tiska. Važnost ispravno podešenog i pravilnog registra nam je odlučujući segment u procjeni kvalitete naklade jer nam on omogućava da nam prvi otisak bude jednak posljednjem.

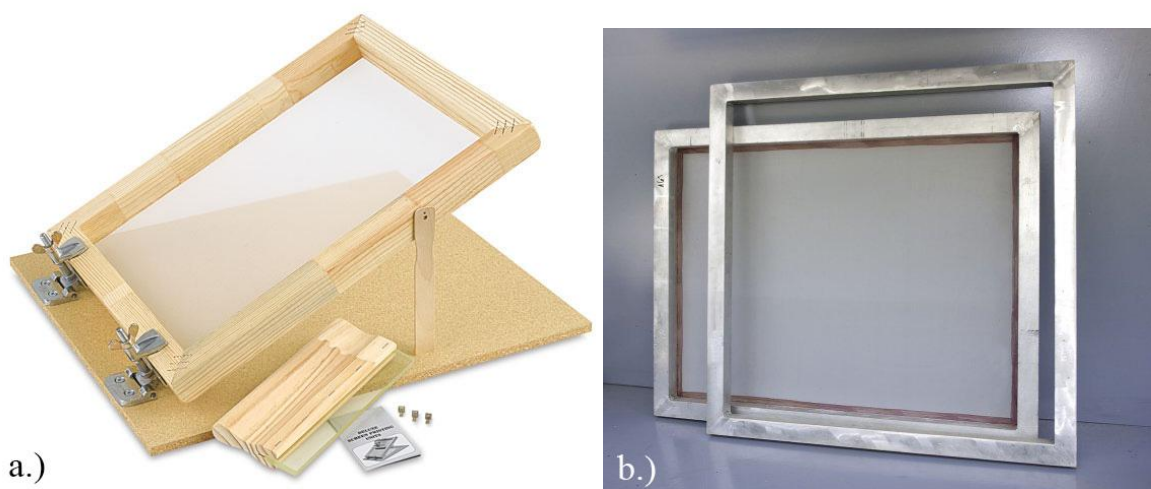
### 2.2.1. Okviri za sitotisak

Konstrukcija okvira mora biti takva da on može čvrsto držati mrežicu koja je prethodno čvrsto napeta na njemu. Također treba biti što je više moguće otporan na mehaničke deformacije, kao i na razne kemikalije koje se primjenjuju tijekom izrade šablone i procesa otiskivanja, te

na bojila, otapala i sredstva za čišćenje. Sastavni dijelovi okvira moraju biti posve stabilni i ravni. Ukoliko je potrebno mora ih se izravnati jer iskrivljeni dijelovi utječu na kvalitetu otiskivanja što može uzrokovati pogreške u registru. Veličina okvira se definira ovisno o željenoj površini za tiskanje i o tipu tiska, te treba uvijek postojati i prikladna zona izvan površine na kojoj se tiska. To je potrebno radi manipulacije tiskarskim bojilom koje se određuje testiranjem prikladnim za svaki tip stroja. Premali prostor za boju može dovesti do poteškoća sa registrom i prouzročiti lošu kvalitetu tiska. Mala težina okvira je također bitna za jednostavnije rukovanje. Kod tiska na tekstil, veličina površine koja se može tiskati i okvira mora se prilagoditi sustavu rakela, te uputama proizvođača stroja.

#### *2.2.2. a. Materijali za izradu okvira*

Od materijala za izradu okvira koriste se: drvo, plastika, metal. Najpogodniji su drvo i aluminij, pri čemu se aluminijski okviri češće koriste. Drveni okvir je ekonomoski povoljniji, jednostavnije je napinjanje mrežice, a i rukovanje je lakše. Kod promjena relativne vlažnosti i temperature, drveni okviri podliježu bubrenju, počinju se savijati i skupljati, te imaju kraći vijek trajanja. To su najveći nedostaci drvenih okvira koji dovode do lošije kvalitete otiska, promjene u registru te je ih je zbog toga bolje izbjegavati (posebice kod preciznijih radova). Ti nedostaci se mogu umanjiti lakiranjem okvira dvokomponentnim lakom koji štiti drvo od vode i otapala. Metalni okviri imaju više prednosti. Nema bubrenja i savijanja, otporni su na kemikalije i trajnost im je veća. Imaju dobru otpornost na koroziju i lako se čiste. Mogu se koristiti za napinjanje svih vrsta mrežica, te postoji širok izbor poprečnih presjeka. Općenita prednost metalnih okvira je što mogu mijenjati format, a ono najbitnije je što nećemo imati problema sa „paserom“. Nedostatak je što su skuplji od drvenih i napinjanje mrežica je zahtjevnije. Čelični okviri imaju također brojne prednosti, međutim za razliku od aluminijskih okvira, nedostatak im je sklonost hrđanju i njihova velika masa.

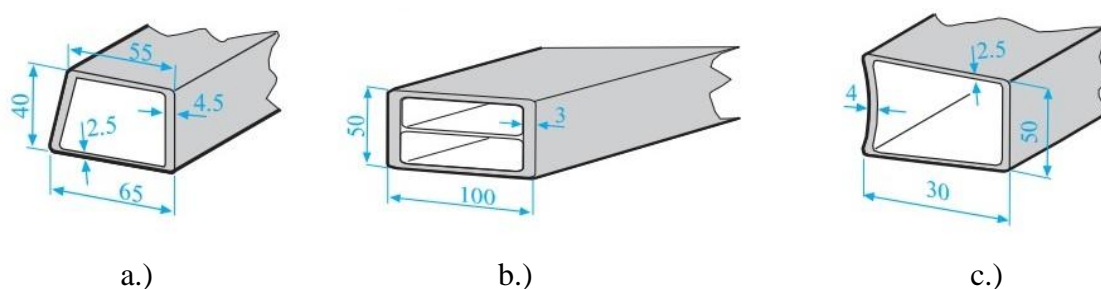


Slika 5: Najčešće korišteni okviri u sitotisku: a.) Drveni okvir b.) Aluminijski okvir

Izvor: <http://www.njuskalo.hr/strojevi-sitotisak/sitotisak-gotovi-aluminijski-oviri-sita-oglas-11860668>

### 2.2.3. b. Profili okvira

Profil i debljina stjenki okvira su segmenti koji utječu na dimenzionalnu stabilnost tiskovne forme za sitotisak. Razlikujemo pravokutne i specijalne profile. Pravokutni profili su sa četiri identične debljine stjenki dok specijalni presjeci mogu biti sa pojačanom okomitom stjenkom, kosim unutrašnjim rubom, unutrašnjim podupiračem, konkavnim rubom, konkavnim rubom koji je iskošen prema van, L presjek i ravna čelična traka.



Slika 6: Najčešći profili okvira: a.) Profil s kosim unutrašnjim rubom b.) Profil s unutrašnjim podupiračem c.) Profil s konkavnim rubom

Izvor: [http://tisak.grf.unizg.hr/media/download\\_gallery/MTT%20Predavanje%207b.pdf](http://tisak.grf.unizg.hr/media/download_gallery/MTT%20Predavanje%207b.pdf)

### 2.2.4. c. Napinjanje okvira

Prije samog napinjanja sita, vrlo je važno pripremiti okvire. Okviri ne smiju imati oštre rubove niti šiljaste kutove. Sve to može oštetiti svilu. U početku okviri se moraju odmastiti pomoću acetona. Ne smiju se koristiti nikakva masna sredstva za čišćenje. Nakon

odmašćivanja, okviri se premazuju istim sredstvom za prijanjanje kao što će se koristiti i za ljepljenje. Okviri koji nisu pjeskareni imaju jednu glatku površinu. Da bi se mrežica dobro prihvatila, tu stranu okvira potrebno je ogrubljeti postupkom pjeskarenja. Postupak se vrši upotrebom rotirajuće brusilice s brusnim papirom ili vlaknastom pločom namještenom na gumenu pozadinu. Ploče moraju biti obrađene sa brusnim papirom broj 24 ili 36. Moraju se dobiti ravni uglovi i rubovi.

Kod okvira koji su se već koristili bitno je ostrugati ostatke svile, boje i ljepljiva. Rubovi se moraju zaobliti kako ne bi poderali svilu. Kod napinjanja sita na okvir koriste se posebni uređaji temeljeni na rastezanju mrežice. Najbitnije je da je sitotiskarska mrežica jednako i jako napeta, kako bi se izbjegla kasnija deformacija slike. Ovisno o stupnju preciznosti razlikujemo tri osnovna pristupa odnosno sustava za napinjanje mrežice na okvir, a to su:

1. ručno napinjanje
2. mehaničko napinjanje
3. pneumatsko napinjanje

#### Ručno napinjanje

Ručno napinjanje vrši se manualno i izvodi se samo kod tiska na čvrstim i ravnim predmetima. Tako se napinju drveni okviri rukom uz pomoć držača i spajalica za napinjanje. Ono ne daje jednoliku napetost mrežice, te može lako doći do njezinog oštećenja.

#### Mehaničko napinjanje

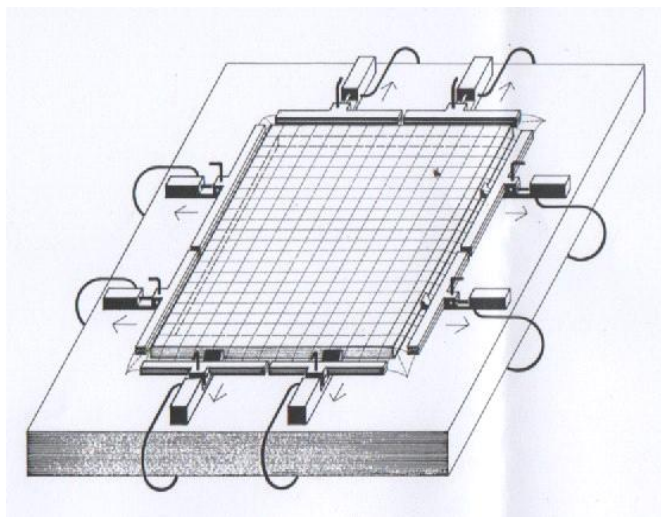
Mehaničko napinjanje se vrši pomoću specijalnih uređaja koji ovisno o dimenzijama mogu napeti nekoliko okvira odjednom, što dovodi do povećanja produktivnosti. Navedeni uređaji se mogu podjeliti na:

- samonapinjajuće sitotiskarske okvire
- strojeve za napinjanje sa osovinom
- strojeve za napinjanje sa šipkama
- strojeve za napinjanje s jednostrukim stezaljkama

## Pneumatsko napinjanje

Pneumatsko napinjanje vrši se pomoću strojeva koji se sastoje od više stezaljki koji su sa svake strane okvira zasebno, međutim međusobno su povezani i djeluju sinhrono. Stezače pokreće komprimirani zrak, a broj upotrebljenih stezaljki ovisi o veličini okvira. Sitotiskarska svila se mora nategnuti tako da su niti osnovne i potke točno pod kutem od  $90^0$ . Zbroj sveukupnih dužina natezača ne smije prijeći dužinu okvira za tiskanje, te se natezači moraju poravnati usporedno jedan do drugog i povlačiti jednako i istodobno mrežicu.

Kod pneumatskih strojeva postoje dva načina za dovod komprimiranog zraka: sustav s jednostrukim krugom i sustav s dvostrukim krugom. Oba sustava tako osiguravaju optimalno, ravnomjerno napinjanje sitotiskarske mrežice preko cijelog okvira. Prilikom napinjanja svile pod određenim kutem, važno je da kod višebojnog tiska niti svile i linije koje se tiskaju ne budu međusobno paralelne. Dopustiva napetost ovisi o snazi pucanja određene svile, čiji je otpor na rastezanje važan čimbenik za osiguravanje ispravnog registra i određivanje pravilne udaljenosti između sita i tiskovne podloge. Napetost se mjeri u paskalima ( $\text{N}/\text{cm}^2$ ) odnosno ( $\text{kp}/\text{cm}^2$ ). Kod višebojnog tiska također je neophodno da sva sita imaju jednoliku napetost. Poteškoće prilikom otiskivanja mogu nastati ukoliko se prilikom napinjanja ne uzme u obzir da napeto sito može olabaviti oko 10-20% unutar 24 sata i zato ukoliko se zahtjeva precizan registar potrebno je sito ostaviti da miruje 24 sata prije same izrade šablone.[2]



Slika 7: Pneumatsko napinjanje sitotiskarske mrežice na okvir

Izvor: [http://tisak.grf.unizg.hr/media/download\\_gallery/MTT%20Predavanje%207c.pdf](http://tisak.grf.unizg.hr/media/download_gallery/MTT%20Predavanje%207c.pdf)

### 2.2.2. Sitotiskarske mrežice

Rastezanje sitotiskarske mrežice jedna je od važnijih karakteristika u sitotisku. Samim time postupak napinjanja uvjetovan je i jakošću mrežice. Ono izravno utječe na preciznost registra i dimenziju otisnute slike i odvajanje od tiskovne podloge. Sitotiskarska mrežica je definirana sa različitim stupnjevima gustoće odnosno brojem niti po dužinskom centimetru. Samim time označivanje 120/34 nam govori da tkanina ima 120 niti po cm, pri čemu je nominalni promjer niti od 34 mikrona.

Dodatne oznake na mrežici opisuju dodatna svojstva kao što su:

W= bijela mrežica

Y= žuta mrežica

CY= obojano ispredeno, žuto

PW= obično tkanje

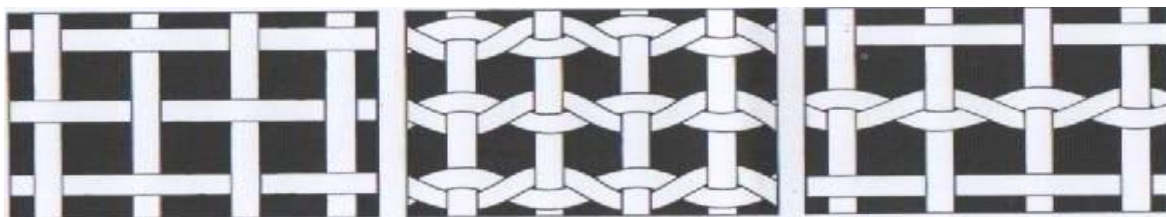
TW= keper tkanje

OSC= jednostrana kalindrirana

Pri izboru mrežice potrebno je poznavati i veličine kao što su širina ili otvor očice, relativna površina očice i debljina tkanja. Tako će veći broj niti dati bolju kvalitetu otiska koja se najviše očituje po oštrocini rubova otiska. Jedan od zadataka mrežice je i dobro nanašanje šablone. Samim time razlikujemo one koje su napravljene od tanjih niti i debljih niti i onih koje su napravljene njihovom kombinacijom.

Vrste mrežica specificirane su tipom tkanja one mogu biti:

- obično tkane
- TIFT tkane
- mlinarsko tkane (kombinacija prva dva tkanja)



a.)

b.)

c.)

Slika 4: Prikaz tkanja u mrežicama za sitotisak: a.) Obično tkanje b.) TIFT tkanje  
c.) Mlinarsko tkanje

Izvor: [http://tisak.grf.unizg.hr/media/download\\_gallery/MTT%20Predavanje%207a.pdf](http://tisak.grf.unizg.hr/media/download_gallery/MTT%20Predavanje%207a.pdf)

Sirovine od kojih se izrađuju mrežice mogu biti: prirodni, metalni i sintetski. Sintetske sitotiskarske mrežice su idealne za izradu šablona. Najčešće se koriste poliamidne (najlon) mrežice i polisterske mrežice. Svojstva polisterskih mrežica su: visoka elastičnost, visoka otpornost na istezanje, dobra mehanička postojanost, visoka otpornost na svjetost i abraziju, te neosjetljivost na klimatske uvjete. Poliamidne mrežice također imaju visoku elastičnost, dobre karakteristike površinske napetosti, visoku otpornost na abraziju. Prednosti su im dobra rastezljivost, te mogućnost otiskivanja većih naklada. Skuplje su od prirodnih, ali jeftinije od metalnih mrežica. Također je moguć tisak kolora uz mogućnost primjene svih kemikalija (osim organskih otapala).

Sintetski materijali mogu se razlikovati po bojama koje predstavljaju određene karakteristike sita. Osim toga sintetske mrežice mogu biti izrađene od jedne niti (tada je površina glatka) ili od više niti, te pletenih u jedan snop (tada je površina hrapava). Stabilnost šablone ovisi o glatkosti mrežice. S povećanjem glatkosti raste i stabilnost „držanja“ šablone. Od prirodnih materijala koji se koriste za izradu mrežica najčešće se upotrebljava svila. Ona je ekonomski gledano najpovoljnija, sito ne puca pod pritiskom rakela, ima vrlo dobru elastičnost. Šablona se vrlo dobro prima zbog hrapavih niti, te može izdržati veće naklade. Nedostatak im je taj što se šablona teško uklanja, osjetljive su na sve lužine i jake kiseline.

Metalne mrežice su pogodne za tisak sa vrućim tiskarskim bojilima. Mrežice od ovog materijala su najskuplje, ali i najtrajnije. Njihova velika prednost je mogućnost tiska visokokvalitetnih reprodukcija jer mogu biti od glatke i hrapave površine. Podnose sve tipove kemikalija osim jakih kiselina. Metalno sito je male elastičnosti, te kod velikog pritiska može doći do trajne deformacije.

### 2.2.3. Šablona

Šablona u suštini predstavlja motiv koji je potrebno otisnuti. Drugim riječima pomoću nje se na mrežici stvaraju propusni tiskovni elementi i zatvorene slobodne površine. Da bi se izradila jedna šablona, potrebno je primjeniti mehanički ili fotomehanički postupak. Mehaničke šablone tako mogu biti: ručno rezane šablone, vodotopivi i ručno rezani film i celulozno ručno rezani film. Fotomehaničke šablone mogu nastati direktnim postupkom: šablona sa emulzijom, šablona sa filmom i emulzijom, šablona sa filmom i vodom i indirektnim postupkom: šablone s emulzijskim filmom na bazi vode. Pomoću direktne šablone nije moguće dobiti oštre prijelaze odnosno rubove otiska i prijelaz je ovisan o finoći sita dok kod indirektna metode prijelaz je oštar i ne zavisi o finoći sita.

Prednosti mehaničkih šablona se očituje u oštrocini rubova i dobrom prijanjanju uz sitotiskarsku mrežicu, te njeno lako uklanjanje sa šablone. Do poteškoća pri može doći zbog prljavština (sa ruku ili prljavština na strani filma), te naboran film, pri uporabi slab kontakt za vrijeme ljepljenja, nedovoljnog predtretiranja te sušenja pri velikoj temperaturi. Kod fotomehaničkih šablona moguće je ostvariti dobru mehaničku otpornost, otpornost na organska otapala i vrlo dobra oštrocina kontura. Međutim, veći nedostatak im je izdržljivost i varijacija kvalitete tijekom otiskivanja.

#### Postupak izrade šablona

Prilikom njezine izrade sva sitotiskarska sita bilo da se radi o novim ili već upotrebljenim potrebno je odmastiti. Razlog tome su moguća onečišćenja nastala rukovanjem ili djelovanjem adekvatnim sredstvima iz zraka. Nakon odmašćivanja, sita se ne smiju ponovo dirati, te se emulzije ili film emulzije moraju nanjeti odmah nakon odmašćivanja. U suprotnome ako se ostave na zraku mogu ponovno privući masnoću ili prašinu. Daljnji postupak izrade sastoji se od nekoliko osnovnih segmenata, a to su: sušenje, premazivanje, sušenje, osvjetljavanje, razvijanje, sušenje i retuširanje. Kod nekih postupaka izrade imamo i dodatne postupke izrade kao što su nanos sredstva za vlaženje, hrapavljenje, učvršćivanje, prenošenje i slično.

Pri izradi šablone za tisak na tekstil mora se paziti na emulziju koja će se mora nanjeti u debljem sloju. Prethodno je potrebno pripremiti emulziju. Tako je fotoosjetljivi senzibilizator (prah žute boje) potrebno pomiješati sa nosećom otopinom kako bih se mogao jednoliko nanjeti na površinu mrežice (navući navlakačem). Kako bih se postigao ujednačeni sloj,



nanašanje se izvodi na suho sito sa obje strane. Proces oslojavanja završava sušenjem u trajanju od 45 min. Ova faza izvodi se u tamnoj komori kako ne bi došlo do neželjenih reakcija. Za potrebe ovog rada primjenjena je dvokomponentna „Dirasol 915 Universal“ fotoemulzija.



Slika 5: Korištena fotoemulzija Dirasol 915 Universal proizvođača Fujifilm

#### Obnavljanje šablone za ponovnu upotrebu

Nakon otiskivanja tiskarsko bojilo mora se isprati sa šablone preporučenom tekućinom za čišćenje. To je najpovoljnije učiniti neposredno nakon samog otiskivanja kako ne bih došlo do začepjenja otvora mrežice od strane bojila.

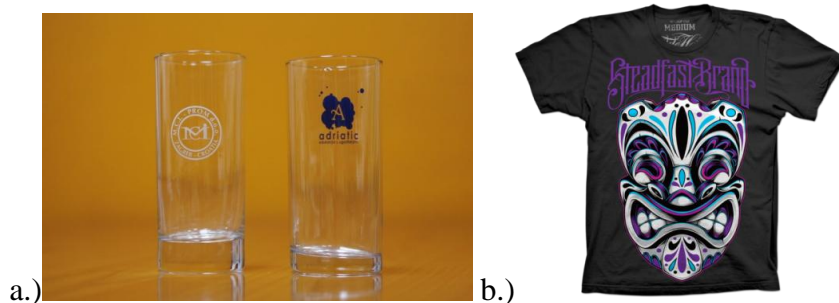
#### Okviri za šablone

Okviri za šablone imaju važnu ulogu kod osiguravanja preciznog registra te je neophodno uzeti u obzir linearni koeficijent toplinskog širenja i iskrivljavanje okvira napinjanjem sitotiskarske mrežice. Takvi okviri mogu biti konkavni ili konveksni.

#### 2.2.4. Tiskovne podloge u sitotisku

Tehnikom sitotiska moguće je otiskivati na razne tiskovne materijale, samim time i na materijale različite upojnosti i površinske upojnosti. Upojne tiskovne materijale karakterizira penetracija tiskarskog bojila. Takvi materijali su: papir, karton, ljepenke, koža, drvo, tekstil. Neupojne materijale karakterizira zatvorenost površine koja ne upija tiskarsko bojilo. To su: staklo, metal, plastika, keramika i slično.

Sve tiskovne podloge neposredno prije tiska potrebno je prilagoditi optimalnim klimatskim uvjetima kako bi se postigla optimalna kvaliteta otiskivanja. Iznimno je važno tiskovni materijal aklimatizirati na uvjete u prostoriji za tiskanje. U idealnom slučaju ti uvjeti bi trebali biti i u prostorijama za skladištenje materijala. Ukoliko se prilikom otiskivanja upotrebljavaju papir, karton ili ljepenka, važni čimbenici koji utječu na kvalitetu tiska su temperatura i relativna vlažnost zraka. Takve podloge sadrže hidroskopna biljna vlakna koja mogu dovesti do dimenzionalne nestabilnosti i nepravilnosti tiskovne podloge, a time i do poteškoća s registrom i paserom. Ukoliko se prilikom otiskivanja koriste neupojne podloge (staklo, metal, plastika ili keramika) potrebno je njihovu površinu pripremiti procesima kao što su odmašćivanje pomoću pasta, eloksiranjem, te bombardiranju površine ionima.



Slika 6: Otisak na podlozi: a.) neupojna podloga- staklo b.) upojna podloga- tekstil

Izvor: <http://www.pletenina-novska.com/hrv/proizvodiusluge>

#### 2.2.5. Sitotiskarsko bojilo

Sitotiskarsko bojilo se priprema neposredno prije tiska. To se vrši tako da se u originalno gusto bojilo dodaje razrjeđivač koji regulira viskoznost. Osim toga u bojilo se mogu dodati usporivači, ubrzivači sušenja, te lakovi za površinsko lakiranje. U današnje vrijeme, plastizol bojila za sitotisak su gotove i kompletna, te njih nije potrebno mješati sa ostalim komponentama. Kako se u sitotisku koristi mnogo tiskovnih podloga sukladno tome postoje i više vrsta sitotiskarskih bojila.

To su:

- jednokomponentna tiskarska koja se suše penetracijom, hlapljenjem i oksipolimerizacijom
- dvokomponentna brzосуšeća tiskarska bojila koja se suše hlapljenjem i isparavanjem

Najvažniji kriteriji koje sitotiskarsko bojilo mora zadovoljiti je: točna viskoznost koja samim time utječe na prolaz bojila kroz tiskovne elemente, brzinu tiska, debljinu nanosa na tiskovnoj podlozi, oštrinu rubova na otisku, te nanašanje boje na boju. Tiskarsko bojilo mora biti dobro prilagođeno s materijalom na koji se tiska. Određena vrsta grafičkog proizvoda također zahtjeva određenu vrstu tiskarskog bojila. Zato postoje slijedeće podvrste bojila:

- bojila sa mat efektom
- bojila sa sjajnim efektom
- transparentna bojila
- pokritna bojila
- fluorescentna bojila
- metalik bojila

Prilikom otiskivanja na teksil koriste se specijalno prilagođena tekstilna bojila. To su najčešće vodena tiskarska bojila i plastizol tiskarska bojila. Tekstilna tiskarska bojila na bazi vode mogu se razrijediti ili prati vodom. Nakon procesa fiksiranja ova tiskarska bojila su točnija i mekanija. Njihova prednost također je i u tome što su jeftinija i ekološki prihvatljivija. Vodene tiskarske boje češće se koriste kod aplikacija na majice i druge odjevne predmete namjenjene masovnoj prodaji koje nalazimo u centrima i buticima.

Plastizol tiskarska bojila su na bazi aromatskih ugljikovodika. Razrjeđuju se posebnim otapalima zbog čega su ekološki nepovoljnija. Karakteristika ovih tiskarskih bojila je da su prilično gusta i pokrivna. Stoga se najčešće upotrebljavaju u ručnom sitotisku, te su značajnije skuplje od vodenih tekstilnih bojila.

PVC tiskarska bojila

PVC tiskarska bojila su na bazi otapala i imaju široku primjenu. Koriste se za tisak na raznovrsne materijale i proizvode kao što su: kemijske olovke, privjesci, plastične boce,

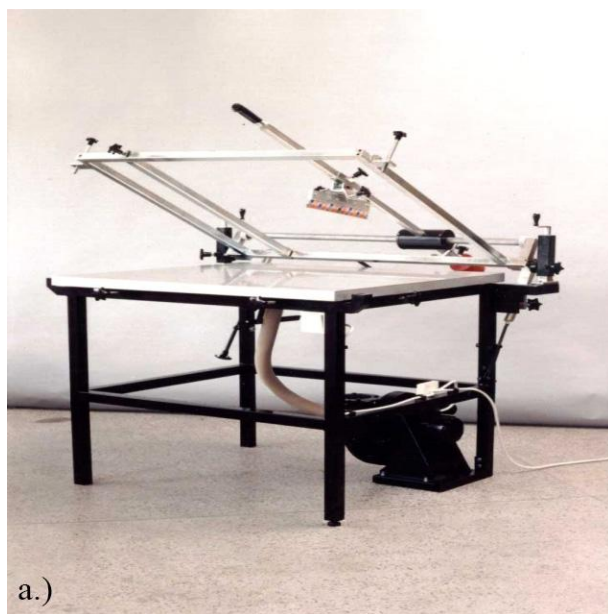
plastična kućišta, kišobrani itd. Naziv ovakvog bojila može se zahvaliti polivinil kloridu koji polimerizira tijekom procesa sušenja.[1]

### **2.3. Sitotiskarski strojevi**

Glavna podjela strojeva koji se primjenjuju u sitotisku temeljena je na stupnju automatizacije i samim time razlikujemo: ručne strojeve, poluautomatske i automatske. Otiskivanje na ručnom stroju se vrši kompletno manualno, a s povećanjem stupnja automatizacije smanjuje se udio ljudskog rada pri upravljanju sa strojem.

#### *2.3.1. Ručni strojevi*

Ručni strojevi su konstrukcijski najjednostavniji. Njegovi osnovni dijelovi su: stol na koji se stavlja tiskovna podloga i sito kroz koje se rakelom protiskuje tiskarsko bojilo. Ručno se izvode sljedeće operacije: ulaganje tiskovne podloge, nanos bojila, dizanje i spuštanje sita, pritisak rakela i izlaganje otisnute tiskovne podloge. Za bolju kvalitetu otiskivanja može se dodati ploča koja pomaže kod podešavanja pasera za kolorni tisak, te vakumski uređaj za pridržavanje tiskovne podloge. Vakumski uređaj je građen tako da je cijela površina stola perforirana dok se ispod stola nalazi centrifuga koja ostvaruje komprimirani zrak (vakum). Ovakvim dodatnim uređajima osigurava se i pravilan registar. Kako bi se osiguralo da prvi otisak bude jednak posljednjem potrebna je konstantna brzina, jednak pritisak i uvijek isti nagib rakela. Radi lakšeg evidentiranja i vođenja naklade može se dodati i numerator koji broji koliko puta se spustilo sito. Njegova uporaba nije potrebna na nakladama koje su manje od 250 otisaka, odnosno upotrebljava se samo prilikom tiska velikih naklada.

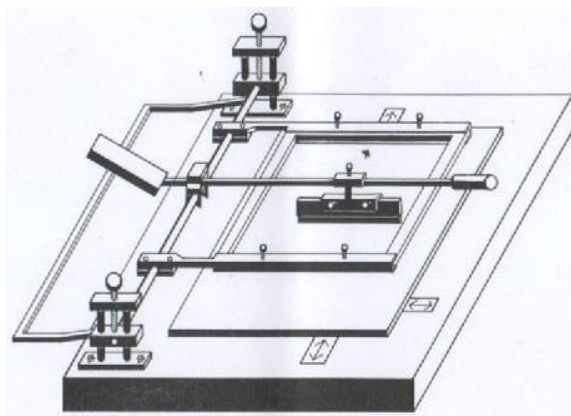


Slika 7: Ručni sitotiskarski strojevi: a.) stol za tiskanje s jednim sitom b.) Ručni karusel za više boja

Izvor: <http://www.graphiccenter.hr/rucni-karuseli.htm>

### 2.3.2. Poluautomatski sitotiskarski strojevi

Za razliku od ručnih sitotiskarskih strojeva, ovi sitotiskarski strojevi imaju veći stupanj automatizacije. Pritom se smatra da su oni prijelazna faza između automatskog i ručnog uređaja za otiskivanje. Poluautomatski strojevi uvijek imaju jednak pritisak i brzinu rakela što dovodi do kvalitetnije reprodukcije i olakšanog otiskivanja. Viši stupanj automatizacije očituje se sa ugrađenim uređajem za automatsko ulaganje i izlaganje tiskovne podloge.



Slika 8: Shematski prikaz sitotiskarskog stroja za poluautomatsko otiskivanje

Izvor: [http://tisak.grf.unizg.hr/media/download\\_gallery/MTT%20Predavanje%207c.pdf](http://tisak.grf.unizg.hr/media/download_gallery/MTT%20Predavanje%207c.pdf)

Da bi se formirao jedan otisak moguće ga je izvesti na dva postupka.

Prvi postupak otiskivanja kronološki će sadržavati sljedeće faze:

1. ručno ulaganje tiskovne podloge
2. ručno spuštanje sita
3. ručno nanašanje tiskarskog bojila
4. pokretanje procesa otiskivanja pritiskom na taster
5. ručno izlaganje tiskovne podloge

Drugi način otiskivanja više je automatiziran, te sadrži samo 4 radne faze. To su:

1. ručno ulaganje tiskovne podloge
2. automatsko spuštanje sita pritiskom na taster
3. ručno povlačenje rakela te vršenje otiskivanja
4. ručno izlaganje otisnute tiskovne podloge



Slika 9: Suvremeni poluautomatski stroj sa ručnim ulaganjem i izlaganjem araka

Izvor: <http://www.bok.hr/hr/tiskara-bok/>

### 2.3.3. Automatski sitotiskarski strojevi

Automatski strojevi imaju najviši stupanj automatizacije odnosno cijeli proces otiskivanja vrši se uz minimalan rad čovjeka čija je uloga nadgledati i kontrolirati rad stroja i proces otiskivanja naklade. Stroj je automatski što znači da se nosači sa tiskovnom podlogom okreću automatski. Navlakač navlači boju, a rakel protiskuje boju kroz sito također automatski. Jedino čovjek mora uložiti na nosače željeni proizvod, te ga skinuti nakon otiskivanja i staviti u tunel na sušenje. Na sitotiskaru još ostaje obaveza kontrole i korekcije nepoželjnih pojava ako do njih dođe u toku tiska. Postoje i strojevi koji su potpuno automatizirani sa samostalnim ulaganjem i izlaganjem.

Pritom će prilikom nastajanja otiska stroj kronološki samostalno izvoditi:

1. ulaganje tiskovne podloge
2. spuštanje sita
3. nanašanje tiskarskog bojila
4. otiskivanje rakelom
5. dizanje sita
6. izlaganje otisnute tiskovne podloge



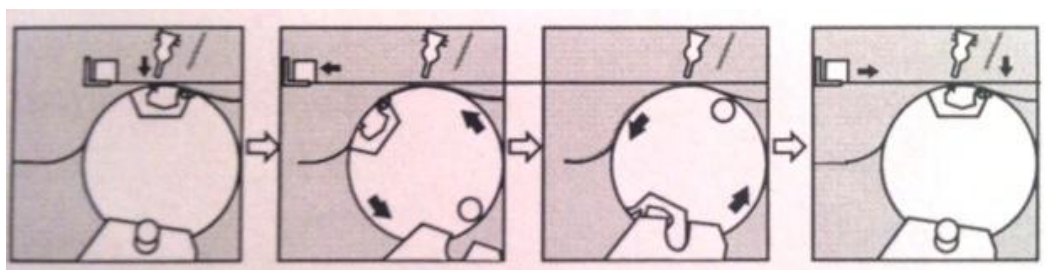
Slika 10: Potpuno automatski tiskarski stroj za sitotisak

Izvor: <http://www.bok.hr/hr/tiskara-bok/>

#### 2.3.3. a. Tipovi automatskih strojeva u sitotisku

Konstruktivski gledano sitotiskarske strojeve možemo razlikovati i po obliku tiskovne forme. Ona može biti ravna ili okrugla. Također razliku ostvaruje oblik tiskovne podloge koja također može biti ravna ili okrugla. Ukoliko se radi o ravnoj tiskovnoj formi i ravnoj tiskovnoj podlozi, brzina otiskivanja iznosi 2000 otisaka na sat, a ako se radi o okrugloj tiskovnoj formi i okrugloj tiskovnoj podlozi brzina tiska doseže i do 6000 otisaka na sat. Postoji i mogućnost otiskivanja gdje je tiskovna forma ravna, a tiskovna podloga zaobljena, te se ona primjenjuje u specijalnim slučajevima.

Prilikom rotacijskog sitotiska rakel miruje dok podloga rotira. Sito pritom također putuje ili postoji solucija u kojoj sito miruje, a tiskovna podloga i rakel putuju.[2]



Slika 11: Prikaz rada rotacijskog sitotiska

Izvor: Kiphan H.; Hand Book of Print Media, Springer, Berlin, 110, 2001.



## Sitotiskarske rotacije

Kod rotacijskog sitotiska tiskarsko bojilo nalazi se u unutrašnjosti tiskovnog cilindra zajedno sa fiksnim rakelom za skidanje bojila. Znači tijekom tiska kreće se okruglo sito i tiskovna podloga što omogućuje kontinuirano tiskanje. Danas su ovi sustavi u potpunosti kompjuterizirani što znači da je cijeli proces otiskivanja vođen i nadziran putem računala.

Šablona za rotacijski tisak je šupalj perforirani cilindar tankih stjenki, stabilnih dimenzija i preciznog registra. Proces otiskivanja sa rotacijskim šablonama može teći uz diskontinuirani ili kontinuirani rad. U oba slučaja tiskarsko bojilo se do rakelovog dovodi kroz osovinu i ono uvijek mora biti ispred rakelovog. Kroz navedenu osovinu dolazi tekuće tiskarsko bojilo i puni se u rezervoar malog kapaciteta. Da bi otisak nastao, usisni pipci uzimaju arak papira i ulažu ga na tiskovni cilindar koji miruje. Ovisno o proizvođaču preuzeti arak ili drže hvataljke tiskovnog cilindra ili vakum. Nakon toga sito i cilindar sa arkom se kreću sinkronizirano jednakom brzinom, dok rakel stoji mirno stvarajući pritisak na površinu (protiskuje boju). Arak prolazi cijelom površinom preko cilindra, dok hvataljke prihvataju sljedeći arak koji kreće u tisak. Ovakva tehnika tiska na arke postiže brzinu od 3000 araka na sat. Naravno, veće brzine tiska postižu se u tisku iz role (Rotamash). Brzine tiska se pritom penju i do 2 m/s. Najmoderniji strojevi današnjice imaju mogućnost tiska i do 12 boja sa priključenom jedinicom za sušenje. Nakon tiska, rola se nastavlja kretati do jedinice za sušenje toplim zrakom, gdje nakon što se otisak osuši. Otisnuti otisci se na kraju namotavaju u rolu ili izrezuju na arke.



Slika 12: Rotacijski sitotisak

Izvor: <http://digitalnitisakivizitke.wordpress.com/page/2/>

## Sušenje otisaka u sitotisku

Tanki film boje koji je nanešen na tekstilni materijal suši se toplim zrakom. Pritom se predmet za otiskivanje kreće dugačkom trakom i ulazi u tunel u kojem se nalaze grijači ili plamenici. Ako se koriste UV boje, tada se otisci izlažu UV lampama, čija svjetlost izvodi sušenje. Ovim načinom rada može se tiskati i obostrano i jednostrano (slikom prema dolje). Kod jednostranog tiska, tiskarsko bojilo se nanosi pod pritiskom nakon čega rakel protiskuje bojilo kroz sito. Kod obostranog tiska otisak je okrenut prema dolje, te umjesto rakel za protiskivanje može se koristiti i valjak.[1]

### 3. EKSPERIMENTALNI DIO

U ovom završnom radu cilj je ispitati mogućnost kolornog otiskivanja na tri tipa tekstilnih podloga. To su: tkanina od 100% pamuka, tkanina od 100% poliestera i tkanina koja sadrži 50% pamuka i 50% elastina. Samim time želja je doći do informacije koja tkanina će dati najbolju, a koja najlošiju kolornu reprodukciju u sitotisku. Da bi se to postiglo, potrebno je bilo izraditi motiv za probno otiskivanje. Samim time proces započinje računalnom obradom. Kako bi se izradili separacijski filmovi, digitalna tiskovna forma se iz PDF formata osvijetlila na fotoosvjetljivaču primjenjujući postavke točkasti raster i linijaturu 30 l/cm. Tako su dobivena 4 separacijska izvatka od kojih su za ovaj završni rad iskorištena tri, za cijan, magentu i žutu. Osvijetljena forma sadržavala je slikovne ilustracije, klin za analizu rastertonske vrijednosti, linije različitih debljina i orijentaciju.

Nakon toga slijedila je priprema sita. Pritom je odabrana mrežica linijature od 120 linija /cm koja je napeta silom od 20 N/cm. Okvir koji je pritom korišten imao je dimenzije 63x58 cm i rađen je od aluminijske legure. Mrežica je žuto obojena poliesterska tkanina koja se preporuča kod otiskivanja finijih linija, teksta i polutonova.

Nakon napinjanja 3 sita iste linijature, izvršeno je čišćenje (odmašćivanje) i ispiranje mlazom vode. Pritom se primjenio visokotlačni perač. Tako oprana sita sušena su u sušioniku u trajanju od 30 min. Nakon prvog sušenja slijedilo je nanašanje debljeg sloja fotoemulzije navlakačem sa obje strane mrežice po dva puta i ponovno sušenje u sušioniku.

Naredna faza je osvjetljavanje tj. izlaganje oslojenog sita svjetlosnim izvorima. Pritom će se na svako sito sa donje strane staviti odgovarajući separacijski film (cmy). Oni moraju biti

pozicionirani točno na sredini sita i fiksirani prozirnom ljepljivom trakom. Takvo pripremljeno sito je spremno za osvjetljavanje koje se izvodi u kopirnoj rami u trajanju od 60 s. Nakon osvjetljavanja slijedi razvijanje. Ono se izvodi nanašanjem vode koja će otopiti neosvjetljene površine. Prvo se vrši ispiranje slabijim mlazom vode, pa sve jačim i jačim dok se ne uklone svi topivi dijelovi. Nakon toga slijedi ponovno sušenje u trajanju od 30 min. Na samom kraju, nakon što su se sita osušila, širokom ljepljivom trakom obljepljuju se rubovi sita kako bi se spriječilo rubno obojavanje (površine na kojima nema emulzije).

Tablica 1: *Karakteristike tiskovne forme korištene za eksperimentalno otiskivanje:*

<b>Okvir</b>	Aluminijski
<b>Dimenzije</b>	63 x 58 cm
<b>Mrežica</b>	
PES	Materijal
1000	Kakvoća
120	Linijatura mrežice
34	Promjer
W/Y	Boja svile (bijela/žuta)
PW/TW	Obično tkanje/Keper tkanje
OSC	Kalindrirana

Za eksperimentalno otiskivanje primjenio se sitotiskarski stroj “M&R Sportsman” sa 10 glava za tiskanje i 12 radnih mjesta. Tehničke karakteristike dane su u tablici 2.

Tablica 2: *Karakteristike stroja M&R Sportsman*

Broj boja	10
Maksimalni format tiska	51 x 51 cm
Maksimalna dimenzija sita	66 x 91 x 5 cm
Radni pritisak	7,5 – 8 bara

Nakon podešavanja pasera izvršeno je otiskivanje na prethodno definirane materijale koje su sušene u sušari pri temperaturi od 160°C i trajanju od 60s. Pri tom se transportna traka kontinuirano kreće što direktno utječe na kvalitetu sušenja.

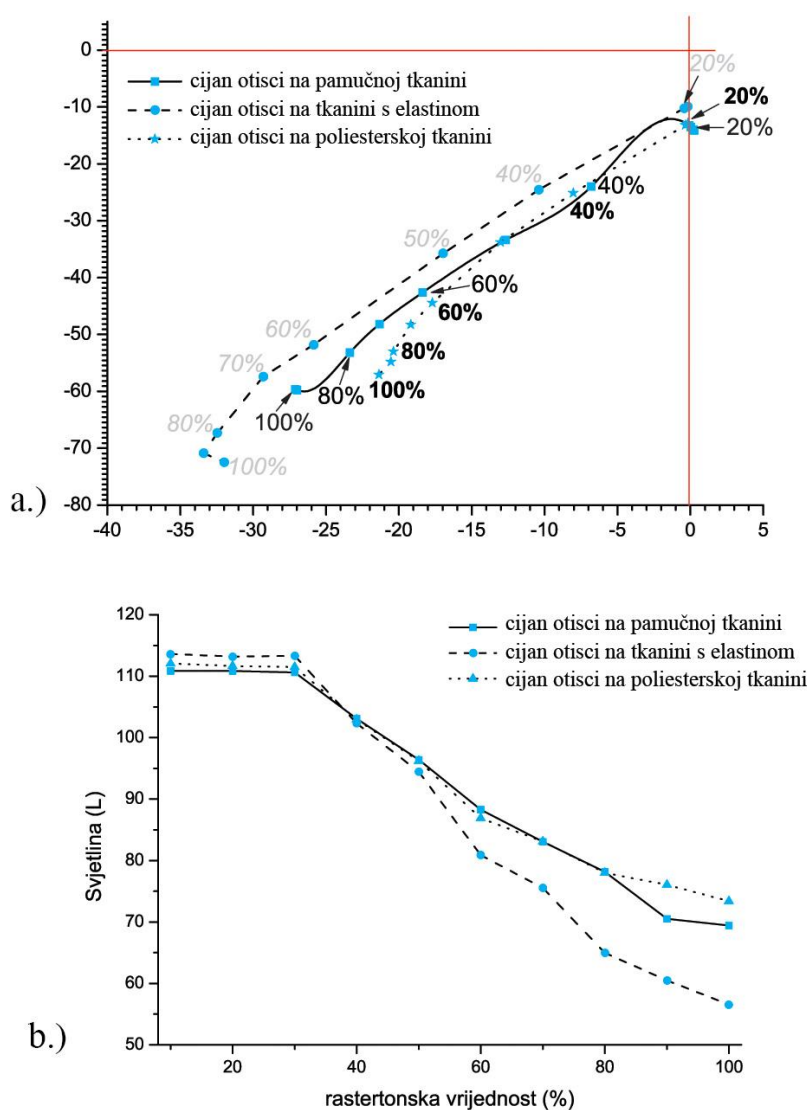
Praćenje kvalitete otisaka izvršeno je spektrofotometrom X-rate SwachBook. To je laboratorijski spektrofotometrijski uređaj kojim je moguće precizno odrediti obojenje. Osnovne karakteristike X-rite spektrofotometra dane su u tablici 3.

Tablica 3: *Osnovne karakteristike Spektrofotometra X-rite Swatch book*

Točnost	<1ΔE max., <5 prosjek
Spektralni senzor	DRS tehnologija
Spektralni opseg mjerenja	400 - 700 nm
Ponovljivost	0,2 ΔE max
Brzina mjerenja	2 s po mjerenju
Interno instrumentsko slaganje	<1ΔE max., <0,5 prosjek
Mjerna geometrija	45 % ANSI i ISO standard
Izlaz	31 točka spektralnih podataka, kolorimetrijski podaci statusa (T,I,A i E)
Izvor svjetlosti	A,C, D <sub>50</sub> ,D <sub>55</sub> ,D <sub>65</sub> ,D <sub>75</sub> ,F <sub>2</sub> ,F <sub>7</sub> ,F <sub>11</sub> ,F <sub>12</sub>
Kut promatranja po CIE	2°, 10°

## 5. DISKUSIJA REZULTATA

Reprodukciju procesnih tonova najbolje je prikazati u CIE Lab kordinatnom sustavu. Tako će se razlike kolorne reprodukcije na tekstilnom materijalu moći odmah uočiti. Na slikama (13.,14.,15) prikazane su krivulje reprodukcije u rasponu od 10%-100% RTV za šarene procesne boje. Cmy iz svih konstruiranih grafikona općenito se može zaključiti da će svjetlije rasterske vrijednosti biti najbliže akromatskoj točki. Povećanjem rasterske vrijednosti dolazi do odmicanja od akromatske točke pri čemu je najveća udaljenost biti kod 100% RTV (C,Y,M). Samim time to je ujedno i najzasićeniji ton.



Slika 13: Krivulje reprodukcije cijan bojila na 3 vrste tekstilnog materijala:

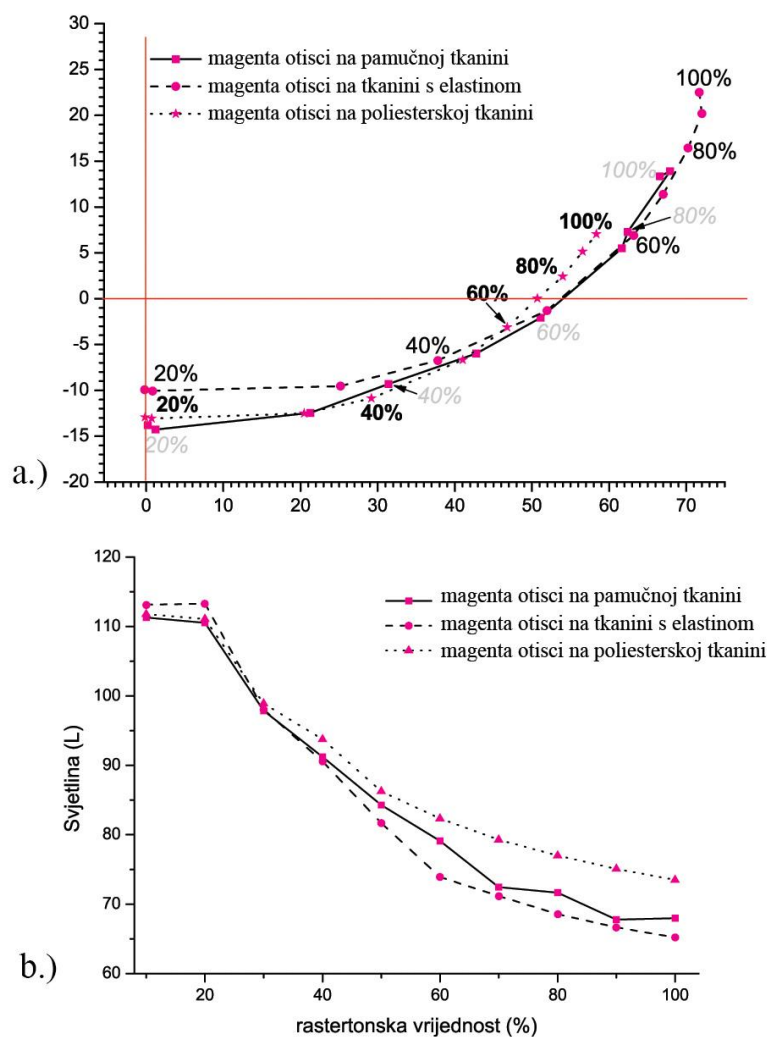
a.) CIE  $a^*b^*$  dijagram za reproducirane otiske b.) CIE  $L^*$  dijagram za cijan boju

Cijan otisci će na tri tekstilna materijala imati veliku razliku u obojenju prilikom otiskivanja na poliesterskoj i pamučnoj tkanini ( $\Delta E_{C100\%}=14,74$ ). Mala promjena u punom tonu nastat će komparacijom tkanine s elastinom i pamuka ( $\Delta E_{C100\%}=3,89$ ).

Od tri analizirane tekstilne podloge najintenzivniju kromatsku vrijednost (najbolja reprodukcija) ostvarena je otiskivanjem na tkanini sa elastinom ( $a^*b^*=-31,98; -72,41$ ), dok je najmanja kolorna reprodukcija dobivena otiskivanjem na poliesterskoj tkanini ( $a^*b^*=-21,37; -57,04$ ).

Kod rastriranih tonova (srednje rastertonske vrijednosti od 40%), te razlike u obojenju nisu tako velike. Maksimalna kolorna promjena ostvarit će se između tkanine sa elastinom i poliesterske tkanine ( $\Delta E_{C40\%}=2,70$ ) dok će se najmanja kolorna razlika ostvariti između tkanine koja sadrži elastin i pamučne tkanine ( $\Delta E_{C40\%}=1,06$ ).

Analizom svjetline otiska također su zamjećene veće promjene u višim tonskim vrijednostima (puni ton). Tako će otisak na tkanini koja sadrži elastin biti najtamniji ( $L_{100\%}=56,57$ ) dok će najsvjetliji otisak dati poliesterska tiskovna podloga ( $L_{100\%}=73,37$ ). Na površini od 40% RTV otisak na tkanini s elastinom biti će najtamniji ( $L_{40\%}=102,32$ ), dok će najsvjetliji otisak dati poliesterska tkanina ( $L_{40\%}=102,97$ ). Samim time na tkanini sa elastinom ostvarit će se najbolji otisak, a najlošiji na poliesterskoj tkanini.



Slika 14: Krivulje reprodukcije magenta bojila na 3 vrste tekstilnog materijala:

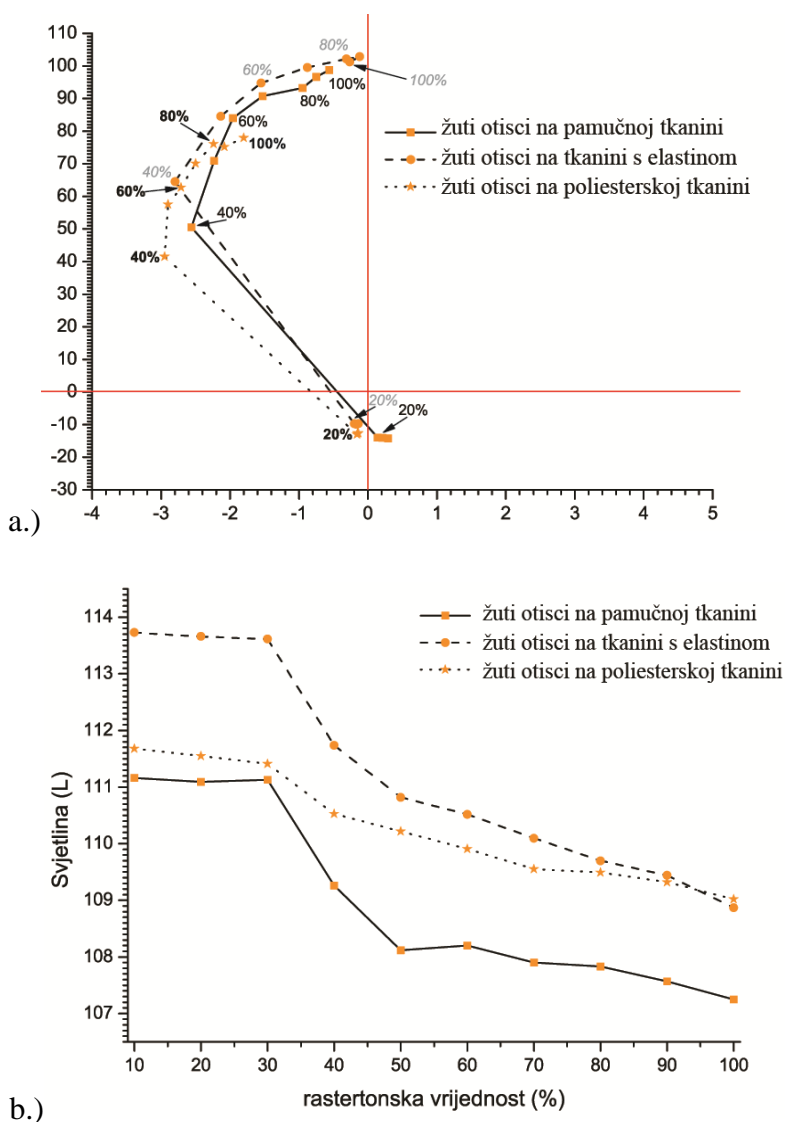
a.) CIE a\*b\* dijagram za reproducirane otiske b.) CIE L\* dijagram za magenta boju

Za razliku od cijana magenta otisci otisnuti na tri različita materijala prikazuju nešto manje odstupanje u obojenju reprodukcije. Najveća promjena je izražena između otiska na poliesterskoj i pamučnoj tkanini ( $\Delta E_{M100\%}=9.60$ ), dok će nešto manja kolorna promjena u punom tonu nastat će komparacijom otisaka tkanine s elastinom i poliesterske tkanine ( $\Delta E_{M100\%}=4.54$ ). Obje kolorne promjene vidljive su golim okom.

Od tri analizirane tekstilne podloge najveću kromatsku vrijednost (najbolja reprodukcija) ostvarena je otiskivanjem na tkanini sa elastinom ( $a^*b^*=71.72; 22.5$ ), dok je najmanja kolorna reprodukcija dobivena otiskivanjem na poliestersku tkaninu ( $a^*b^*=58.36; 7.04$ ). Pri tom je vidljivo određeno pomicanje magente u smjeru crvene.

Kod rastriranih tonova (srednje rastertonske vrijednosti od 40%), razlike u obojenju mnogo su manje izražene. Maksimalna kolorna promjena ostvarit će se između poliesterske tkanine i pamučne tkanine ( $\Delta E_{M40\%}=4,93$ ) dok će se najmanja kolorna razlika ostvariti između tkanine koja sadrži elastin i pamučne tkanine ( $\Delta E_{M40\%}=2,10$ ).

Analizom promjena svjetline magenta otiska zamjećen je isti trend kao i kod cijan otisaka (viša tonska područja). Tako će otisak na tkanini koja sadrži elastin biti najtamnija ( $L_{100\%}=65,2$ ) dok će najsvjetliji otisak dati poliesterska tiskovna podloga ( $L_{100\%}=73,5$ ). Magenta srednji tonovi (40% RTV) će na tkanini s elastinom biti najtamniji ( $L_{40\%}=90,57$ ) dok će najsvjetliji biti na poliesterskoj tkanini ( $L_{40\%}=93,73$ ).



Slika 15: Krivulje reprodukcije žutog bojila na 3 vrste tekstilnog materijala:

a.) CIE  $a^*b^*$  dijagram za reproducirane otiske b.) CIE  $L^*$  dijagram za žutu boju



Otisci žute boje na tri različita materijala pokazuju potpuno drugačije rezultate. Ipak postoji vidljiva razlika u punom tonu i to kod otiska na poliesterskoj i pamučnoj tkanini ( $\Delta E_{Y100\%}=4,72$ ). Međutim između tkanine s elastinom i tkanine od poliestera nema razlika ( $\Delta E_{Y100\%}=0,98$ ). Samim time promjenom tiskovne podloge neće se utjecati na promjenu žutih tonova.

Od tri analizirane tekstilne podloge najveću kromatsku vrijednost (najbolja reprodukcija) ostvarena je otiskivanjem na poliesterskoj tkanini ( $a*b^*=-1,8; 77,97$ ), dok je najmanja kolorna reprodukcija dobivena otiskivanjem na tkanini s elastinom ( $a*b^*=-0,26; 101,22$ ). Za sve žute otiske karakteristična je krivulja reprodukcije. Ona više nije linearna, već parabolna. Pritom su sve srednje tonske vrijednosti pomaknute u lijevo (-a). Samim time srednje rastertonske vrijednosti (40% RTV) se više ističu. Maksimalna kolorna promjena ostvarit će se između poliesterske tkanine i pamučne tkanine ( $\Delta E_{Y40\%}=6,85$ ) dok će se najmanja kolorna razlika ostvariti između tkanine koja sadrži elastin i pamučne tkanine ( $\Delta E_{Y40\%}=3,06$ ).

Analizom svjetline žutih otiska zamjećene su iste tendencije kao i kod ostalih procesnih boja. Tako će otisak na tkanini koja sadrži elastin biti vrijednošću najtamniji ( $L_{100\%}=108,87$ ) dok će najsvjetliji otisak dati poliesterska tiskovna podloga ( $L_{100\%}=109,02$ ).

Ovako mala razlika je gotovo zanemariva. Međutim u rastertonskim vrijednostima (40% RTV) otisak na poliesterskoj tkanini biti će mnogo tamniji od otiska koji daje tkanina s elastinom ( $L_{40\%}=110,58; L_{40\%}=111,74$ ).

## 5. ZAKLJUČAK

Iz provedenih istraživanja daje se zaključiti kako otisci na različitim tekstilnim materijalima imaju međusobno različite kolorne promjene. Samim time sirovinski sastav materijala bitno utječe na reprodukciju boje.

Najmanju kvalitetu reprodukcije daje sintetička tkanina poliester koja se u cijelosti dobiva polimerizacijskim procesom. Mješavina tkanina (50% pamuk 50% elastin) daje najbolju kvalitetu reprodukcije, što ukazuje da ta kombinacija dva materijala je najbolja za otiskivanje u sitotisku.

Različito pigmentirana bojila ostvarit će različite razlike u obojenju na tekstilnim podlogama. Tako će cijan otisci ostvariti najveće kolorne promjene u punom tonu. ( $\Delta E_{C100\%}=14,74$  poliester – pamučna tkanina) dok će najmanja biti ostvarena sa žutim pigmentom ( $\Delta E_{Y100\%}=4,72$ ). Ovo pravilo ne vrijedi i za rasterske tonove. Tu će se najveća kolorna promjena ostvariti kod žute ( $\Delta E_{Y40\%}=6,85$  poliester – pamučna tkanina), a najmanja kod cijana ( $\Delta E_{C40\%}=2,70$  poliester – tkanina s elastinom).

Iz ovoga je vidljivo da tekstilna tiskovna podloga značajno utječe na kvalitetu reprodukcije. Samim time će se u naknadnim ispitivanjima pokušati utvrditi kako gustoća tkanja tkanina i različiti nanos sitotiskarskog bojila utječu na kolornu reprodukciju.

## 6. LITERATURA

1. Sefar, Priručnik za sitotiskare, Hrvatska udruga sitotiskara, 105-120, Zagreb, 1999.
2. Kiphan H.; Hand Book of Print Media, Springer, Berlin, 25-250, 2001.
3. \*\*\*[http://tisak.grf.unizg.hr/media/download\\_gallery/MTT%20Predavanje%207a.pdf](http://tisak.grf.unizg.hr/media/download_gallery/MTT%20Predavanje%207a.pdf)
4. \*\*\*[http://tisak.grf.unizg.hr/media/download\\_gallery/MTT%20Predavanje%209a.pdf](http://tisak.grf.unizg.hr/media/download_gallery/MTT%20Predavanje%209a.pdf)
5. \*\*\*<http://www.njuskalo.hr/strojevi-sitotisk/sitotisk-gotovi-aluminijski-oviri-sita-oglas-11860668>
6. \*\*\*[http://tisak.grf.unizg.hr/media/download\\_gallery/MTT%20Predavanje%207b.pdf](http://tisak.grf.unizg.hr/media/download_gallery/MTT%20Predavanje%207b.pdf)
7. \*\*\*<http://www.pletenina-novska.com/hrv/proizvodiusluge>
8. \*\*\*<http://www.graphiccenter.hr/rucni-karuseli.html>
9. \*\*\*<http://www.bok.hr/hr/tiskara-bok/>
10. \*\*\*<http://digitalnitisakivizitke.wordpress.com/page/2/>
- 11.\*\*\*[http://tisak.grf.unizg.hr/media/download\\_gallery/MR%20rad%20Igor%20Majnaric.pdf](http://tisak.grf.unizg.hr/media/download_gallery/MR%20rad%20Igor%20Majnaric.pdf)
12. \*\*\*[http://en.wikipedia.org/wiki/Screen\\_printing](http://en.wikipedia.org/wiki/Screen_printing)

## 7. PRILOG

Prilog 1. Izmjerene kolorne vrijednosti na pamučnoj tkanini za cijan, magentu i žutu

Cijan	L	a	b
100 C	69,41	-27,1	-59,6
90 C	70,5	-26,99	-59,74
80C	78,18	-23,37	-53,18
70 c	83,04	-21,32	-48,17
60 C	88,26	-18,37	-42,63
50C	96,42	-12,67	-33,38
40C	103,07	-6,81	-24,01
30C	110,63	0,03	-13,52
20C	110,84	0,22	-14
10C	110,84	0,26	-14,12

Magenta	L	a	b
100 M	67,98	66,59	13,34
90 M	67,78	67,91	13,89
80 M	71,67	62,42	7,27
70 M	72,45	61,64	5,48
60 M	79,11	51,12	-2,08
50 M	84,28	42,78	-5,97
40 M	91,22	31,4	-9,31
30 M	97,86	21,27	-12,45
20 M	110,53	1,19	-14,29
10 M	111,29	0,2	-13,81

Žuta	L	a	b
100 Y	107,25	-0,56	98,79
90 Y	107,57	-0,75	96,67
80 Y	107,83	-0,95	93,25
70 Y	107,9	-1,53	90,76
60 Y	108,2	-1,96	84,04
50 Y	108,12	-2,23	70,88
40 Y	109,26	-2,56	50,56
30 Y	111,13	0,14	-13,94
20 Y	111,09	0,21	-14,02
10 Y	111,16	0,29	-14,25

Prilog 2. Izmjerene kolorne vrijednosti na tkanini koja sadrži elastin za cijan, magentu i žutu

Cijan	L	a	b
100 C	56,57	-31,98	-72,41
90 C	60,46	-33,39	-70,86
80C	64,98	-32,45	-67,31
70 c	75,52	-29,31	-57,4
60 C	80,88	-25,86	-51,81
50C	94,42	-16,96	-35,74
40C	102,32	-10,39	-24,55
30C	113,31	-0,44	-10,23
20C	113,21	-0,19	-9,87
10C	113,61	-0,17	-9,9

Magenta	L	a	b
100 M	65,2	71,72	22,5
90 M	66,65	72,02	20,18
80 M	68,55	70,23	16,43
70 M	71,16	66,99	11,36
60 M	73,9	63,15	6,91
50 M	81,67	51,96	-1,31
40 M	90,57	37,78	-6,73
30 M	98,04	25,22	-9,55
20 M	113,32	0,85	-10,07
10 M	113,15	-0,19	-9,93

Žuta	L	a	b
100 Y	108,87	-0,26	101,22
90 Y	109,44	-0,12	102,84
80 Y	109,7	-0,31	102,19
70 Y	110,1	-0,88	99,56
60 Y	110,52	-1,55	94,77
50 Y	110,82	-2,14	84,51
40 Y	111,74	-2,8	64,48
30 Y	113,61	-0,2	-9,66
20 Y	113,66	-0,17	-9,84
10 Y	113,73	-0,14	-9,78

Prilog 3. Izmjerene kolorne vrijednosti na poliesterskoj tkanini za cijan, magentu i žutu

Cijan	L	a	b
100 C	73,37	-21,37	-57,04
90 C	76,05	-20,55	-54,8
80C	78	-20,37	-52,97
70 c	83,1	-19,18	-48,24
60 C	86,91	-17,71	-44,41
50C	96,22	-13,02	-33,78
40C	102,97	-8,03	-25,12
30C	111,51	-0,34	-13,18
20C	111,67	-0,15	-12,96
10C	112,08	-0,17	-12,82

Magenta	L	a	b
100 M	73,5	58,36	7,04
90 M	75,07	56,56	5,15
80 M	77,01	54	2,43
70 M	79,29	50,7	0,04
60 M	82,34	46,8	-3,13
50 M	86,27	41,03	-6,69
40 M	93,73	29,21	-10,87
30 M	98,9	20,49	-12,5
20 M	111,1	0,71	-13,06
10 M	111,79	-0,12	-12,91

Žuta	L	a	b
100 Y	109,02	-1,8	77,97
90 Y	109,32	-2,08	75,24
80 Y	109,49	-2,24	76,08
70 Y	109,55	-2,5	70,14
60 Y	109,91	-2,71	62,75
50 Y	110,22	-2,9	57,56
40 Y	110,53	-2,95	41,54
30 Y	111,41	-0,16	-12,98
20 Y	111,55	-0,15	-12,64
10 Y	111,68	-0,14	-12,59